# „Die Welt besteht aus Atomen“

Und es gibt weniger Sorten von Atomen, als man lange Zeit glaubte!

## *M1/2 John Dalton ist berühmt – seine Idee von den Atomen*



*Abb. 1 John Dalton, CC-BY 4.0*

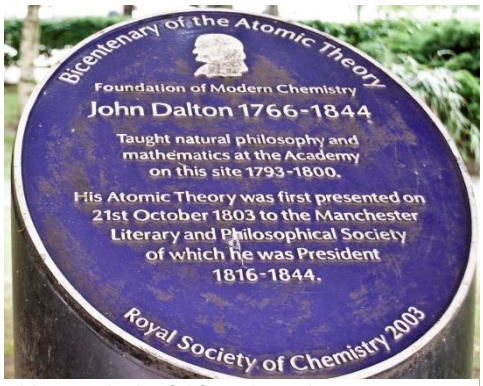
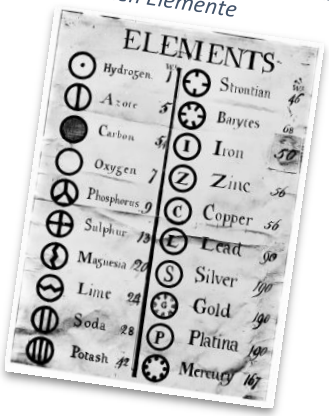



*Abb. 2 Gedenktafel für John Dalton CC BY-SA 2.0,*
*https://www.flickr.com/photos/widdowquinn/4772313428/in/photostream/*

*Abb. 3: Daltons Symbole für die bekannten Elemente*




*John Dalton wird für seine Ideen als Gründer der „modernen Chemie“ geehrt. Lies M2, notiere dir seine wichtigsten Ideen und versuche zu erklären, was sie so herausragend machte*

Mit John Daltons Idee, dass nur eine bestimmte Anzahl von Atomensorten, gibt kann man Dinge erklären, die uns heute selbstverständlich erscheinen.

Dazu gehört vor allem Dalton Idee, dass sich Atome verbinden und auch neugruppieren können.

*Erkläre folgende Aussagen mit Daltons Modell:*

- *Wiegt man alle Stoffe vor und nach einer Reaktion, so geht keine Masse verloren.*
- *Zerlegt man Wasser in seine elementaren Bestandteile, erhält man immer ein Verhältnis von 16g Sauerstoff zu 2g Wasserstoff.*

Mit der Idee, dass es nur wenige Sorten von Atomen gibt, die sich in bestimmten Verhältnisse verbinden, kann man vieles erklären:

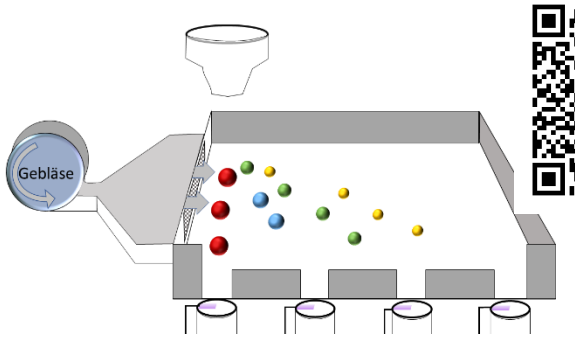
Bei Reaktionen bleibt die Gesamtmasse erhalten. Was bedeutet das? Verbrennt man z. B. Holz, so sieht es zunächst so aus als ob danach fast nicht übrig bleib. In Wahrheit verbinden sich aber die Kohlenstoffatome aus dem Holz mit Sauerstoffatomen aus der Luft. Dabei entsteht das Gas Kohlenstoffdioxid. Die kleinen Teilchen von Gasen können wir aber oftmals nicht sehen. Würde man sie allerdings auffangen und wiegen, würde man erkennen, dass sie noch das sind.

Auch erklärt sich, warum man beim Zerlegen von Verbindungen in Elemente feststellt, dass diese immer in festen Massenverhältnissen enthalten sind. Zerlegt man zum Beispiel Wasser entstehen 16 g Sauerstoff und 2 g Wasserstoff. Dies liegt daran, dass ein Sauerstoffatom 16-mal so schwer wie ein Wasserstoffatom ist. Ein Wasserteilchen (Wassermolekül) ist anscheinend immer aus einem Sauerstoff Atom und zwei Wasserstoffatome aufgebaut.

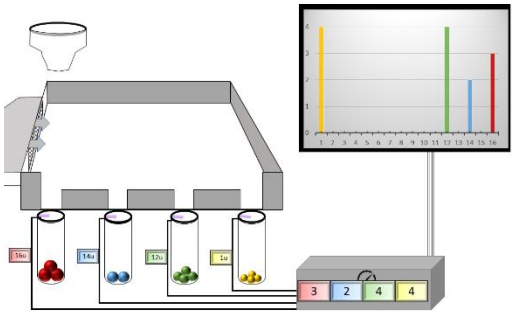
Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

## *M3 Massen und Größen von Atomen – was wir heute wissen*

**Modell eines Massenspektrometers**




Weg der Kugeln im Modellgerät




Die Probe ist sortiert und gezählt.

- *Erkläre, was in den „Zylindern“ passiert und was das Gerät daneben und der Bildschirm anzeigen.*
- *Erkläre, wie man es schafft, die Massen von derart kleinen Teilchen wie Atomen zu bestimmen.*
- *Vervollständige die Tabelle „Erste Übersicht über die Elemente und Atomsorten“*

In unserem Modell stellen die Zylinder Zählrohre da. Immer wenn eine Kugel, die ein Atom darstellen soll, in den Zylinder hinein fällt, löst sie ein Signal aus und wird gezählt. Auf dem Gerät daneben wird dann angezeigt, wie viele Kugeln schon in das Rohr hinein gefallen sind. Dies wird auf dem Bildschirm in Form eines Balkendiagrammes veranschaulicht.

In einem echten Massenspektrometer gelingt es, so kleine Teilchen wie Atome zu wiegen, indem man sie auflädt, beschleunigt und dann schaut, wie stark sie von einem Magnetfeld von ihrer Flugbahn abgelenkt werden werden. Dies wird in unserem Modell dadurch dargestellt, dass verschiedene schwere Kugeln auf einer schiefen Bahn rollen und von Gebläse je nach ihrer Masse unterschiedlich stark abgelenkt werden.

Um sie zu abzulenken und zu zählen, muss man die Atome nicht sehen können. In einem echten Massenspektrometer hat man einen Ort, an dem die Atome auf prallen und gezählt werden (Detektor). Kennt man den Ort, wo sie aufprallen, weiß man, wie stark sie abgelenkt wurden. Da man weiß, wie stark man „die Ablenkung“ (im Modell das Gebläse) eingestellt hat, kann man ausrechnen, wie schwer das Teilchen war, das auf den Detektor aufgeprallt ist.

**Erste Übersicht über die Elemente und die Atomsorten**

| Name des Elements | Wasserstoff | Kohlenstoff | Stickstoff | Sauerstoff |
|---|---|---|---|---|
| Modell der Atomsorte |  |  |  |  |
| Ein Atom der Sorte wiegt | 1u | 12u | 14u | 16u |

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

## *M4 Symbole für einzelne Atome und Verbindungen daraus*

**John Dalton** hatte bereits Vorschläge für eine Schreibweise gemacht, mit der man Atome oder Verbindungen daraus notieren kann. **Jöns Jakob Berzelius** führte wenig später die chemische Symbolsprache mit den Buchstaben für die chemischen Elemente ein, die wir heute noch benutzen.

Was bedeuten dann wohl so Abkürzungen wie $H_2O$ oder $CO_2$?

Die Abkürzungen bedeuten, dass ein Wassermolekül aus zwei Atomen Wasserstoff (H zweimal) und einem Atom Sauerstoff (O) bestehen. Ein Kohlenstoffdioxidmolekül besteht aus einem Kohlenstoff Atom und zwei Sauerstoffatome (O zweimal).

Da kann Dalton noch so fluchen, Berzelius System ist praktischer. Erkläre, warum.

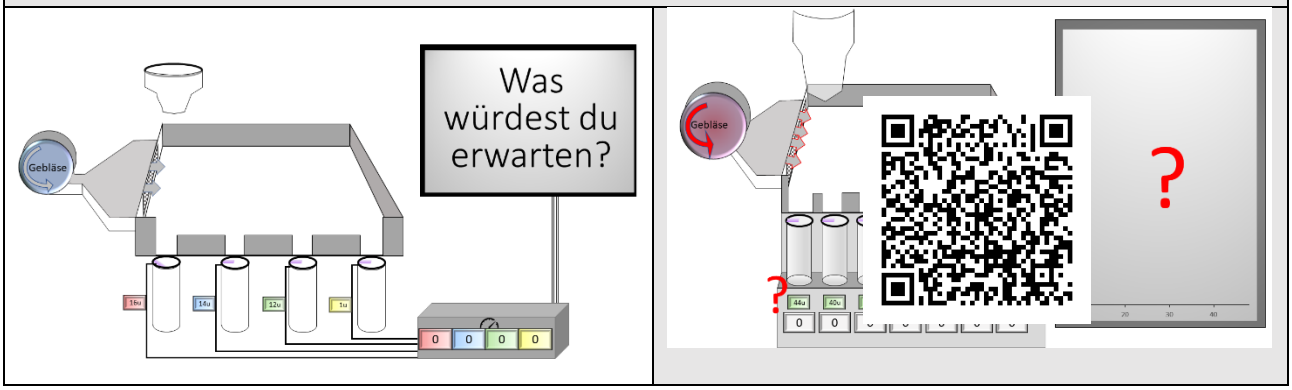
Bei Daltons Modell muss man sich viele Zeichen merken. Für Berzelius Idee reicht es, die Anfangsbuchstaben der Elementnamen zu kennen (damals Sparkonten die Leute die Gelehrten noch gute Latein). Was aber besonders interessant ist, ist die Idee, kleine Zahlen rechts unten an die Buchstaben zu schreiben. So muss man nicht alle Atome eines Moleküls mit einem eigenen Zeichen darstellen, sondern man kann notieren, wie oft das Atom in den Molekül vorkommt.

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

## *M5/6 Die Teilchen der Luft / Atome, Moleküle und (andere) Verbindungen*

Sauerstoff, Stickstoff und andere Gase wie Argon oder Kohlenstoffdioxid bilden zusammen unsere „Luft“. Was würdest du erwarten, wenn wir eine Luftprobe durch unser Modell des Massenspektrometers schicken?

**Luftprobe im Modell unseres Massenspektrometers**




Wenn die Luft hauptsächlich aus Sauerstoff, Stickstoff und Argon besteht, würde man erwarten, dass eine Luftprobe, die man unserem Modell-Massenspektrometer untersucht, besonders viele Atome enthält, die 14u oder 16u wiegen. Dann müssten im Diagramm zwei große Balken zu sehen sein, wobei der Balken bei 14u etwa viermal so groß wäre, wie der Balken bei 16u.

- *Notiere, ob sich das Modell mit deinen Erwartungen deckt*
- *Das Modell spiegelt reale Messergebnisse vereinfach wider. Erkläre, was man daraus schießen kann.*

Die Ergebnisse im Modellversuch, die aber auf realen Messungen bestehen, zeigen jedoch etwas völlig anderes. Es gibt überhaupt keine Treffer im Bereich kleiner als 28u. Dafür erkennt man je einen großen Balken 28u und 32u.

Dies lässt sich damit erklären, dass es tatsächlich viermal so viele Stickstoffatome wie Sauerstoffatome in der Luft gibt. Die Atome verbinden sich aber zu Paaren. So eine Verbindungen aus wenigen Atomen nennt man „ Molekül. Bei dem Teilchen, das 28u wiegt, handelt es sich um ein Stickstoffmolekül aus zwei Stickstoffatomen (2-mal 14u). Das Teilchen, was 32u wiegt, ist ein Sauerstoffmolekül, bestehend aus zwei Sauerstoffatome (2-mal 16u).

Argonatome wiegen 40u. Die Analyse zeigt, dass etwa 1 % der Teilchen 40u wiegen. Argonatome bilden augenscheinlich keine Moleküle. Ein sehr kleiner Teil der Luftteilchen wiegt 44u. Hierbei handelt es sich offensichtlich um Kohlenstoffdioxidmoleküle. Diese sind aus einem Kohlenstoff Atom (12u) und zwei Sauerstoffatome (2-mal16u) zusammengesetzt.

Das Legosteinmodell soll zeigen, wie viel Verbindungsstellen ein Atom hat. Da Argon sich nicht mit anderen Argonatomen, ja mit überhaupt keinem anderen Atom verbindet, braucht man hierfür keinen Legostein als Modell. Würde man ein Argonatom im Legosteinmodell darstellen, müsste man einen Stein ohne die kleinen Noppen und Vertiefungen oben auswählen.

Mit dem kleinen Noppen wird angedeutet, wie viele Verbindungsstellen ein Atom hat. Immer zwei Noppen scheinen für eine Verbindungsstelle zu stehen. Man hätte auch noch kleinere Steine nehmen können.

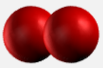
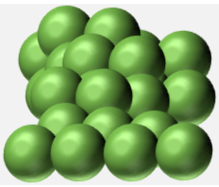
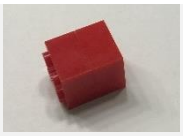
Das Modell erklärt aber zum Beispiel, dass sich an ein Sauerstoffatom zwei Wasserstoffatome binden können. Kohlenstoff hat übrigens vier Verbindungsstellen. Daher können sich an ein Kohlenstoffatom zwei Sauerstoffatome binden (Kohlenstoffdioxid). Es könnten sich aber auch vier Wasserstoffatome daran binden. Dann entsteht ein Methan-Molekül ($CH_4$).

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

# „Die Welt besteht aus Atomen“

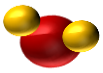
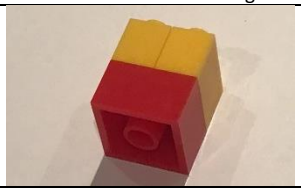
Und es gibt weniger Sorten von Atomen, als man lange Zeit glaubte!

**Beispiele für Elemente:**

| **Stoffbezeichnung** | Argon | Sauerstoff | Stickstoff | Wasserstoff | Kohlenstoff |
|---|---|---|---|---|---|
| **Symbol für ein Atom** | Ar | O | N | H | C |
| **bei 25°C …** | … ist Argon gasförmig. Einzelne Argonatome fliegen umher. | … ist Sauerstoff gasförmig. Je zwei Sauerstoffatome sind miteinander verbunden und fliegen paarweise als „Molekül“ umher. | … ist Stickstoff gasförmig. Je zwei Stickstoffatome sind miteinander verbunden und fliegen als „Molekül“ umher. | … ist Wasserstoff gasförmig. Je zwei Wassersstoffatome sind miteinander verbunden und bilden ein Paar. | … ist Kohlenstoff fest. Im „Graphit“ (-> Bleistiftmine) sind unzählige Kohlenstoffatome miteinander verbunden. |
| **Modell mit Kugeln als Atomen** |  |  |  |  |  |
| Will man Verbindungen darstellen, ist ein Legosteinmodell mitunter hilfreich. Die Legosteine bilden zwar nicht immer die korrekten Größenverhältnisse der Atome ab. Dafür erkennt man, wie sie sich in bestimmten Verhältnissen verbinden. | | | | | |
| **Legomodell für die Teilchendarstellung** | - |  |  |  |  |
| **Formel für ein Stoffteilchen** | Ar | $O_2$ | $N_2$ | $H_2$ | C |

Man will nicht unzählige Atome darstellen. Daher nimmt man für die Formel das Stoffteilchen, aus dem alles aufgebaut ist

**Beispiele für Verbindungen aus mehreren Atomsorten:**

| **Stoffbezeichnung** | Kohlenstoffdioxid | Wasser |
|---|---|---|
| **Modell mit Kugeln als Atomen** |  |  |
| **Bei 25°C …** | … ist Kohlenstoffdioxid gasförmig. Das Gas besteht aus „Molekülen“, in denen zwei Sauerstoffatome und ein Kohlenstoffatom verbunden sind. | .. ist Wasser ein Flüssigkeit. In der Flüssigkeit hängen unzählige „Wassermoleküle“ aus jeweils zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom so aneinander, dass sie sich immer noch frei drehen und bewegen können. |
| **Legomodell für die Teilchendarstellung bei 25°C** |  |  |
| **Formel für ein Stoffteilchen** | $CO_2$ | $H_2O$ |

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.

## *Übung –Was bedeutet „Atome verbinden sich n bestimmten Verhältnissen“?*

Ein Chemiker namens Boyle hat zahlreiche Versuche zur Verbrennung von Kohlenstoff mit Sauerstoff gemacht. Er wog in ein Gefäß 20g Kohlenstoff ein, gab 32g Sauerstoff hinzu und erhitze es, so dass es zur Reaktion kam. Danach waren immer noch unverbrannter Kohlenstoff im Gefäß.

1. Stelle ein Reaktionsschema in Worten für die Reaktion auf, die Boyle hervorrief.
2. Erkläre, warum Kohlenstoff übrigblieb.
3. Schlage eine Menge an Kohlenstoff und Sauerstoff vor, die man ohne Rest zur Reaktion bringen könnte. Begründe deinen Vorschlag.

Kohlenstoff + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid

Immer zwei Sauerstoffatome reagieren mit einem Kohlenstoff Atom. In 16 g Sauerstoff sind so viele Atome enthalten, wie in 12 g Kohlenstoff. Man bräuchte also für 12 g Kohlenstoff genau 32 g Sauerstoff. Die 32g Sauerstoff enthalten dann so viele Atome, dass sie sich mit den Atomen in 12 g Kohlenstoff verbinden können. Nimmt man allerdings 20 g Kohlenstoff, hat man so viele Kohlenstoffatome, dass nicht alle ein Sauerstoff zwei Sauerstoffatome als Bindungspartner bekommen können. 8 g Kohlenstoff müssen übrig bleiben.

Gregor von Borstel im Team LNCU 2020. Alle Materialien und Abbildungen, sofern nicht anders gekennzeichnet, unter CC-BY-SA 4.0.